



DEUTSCHES
PATENTAMT

Offenl gungsschrift

DE 197 05 948 A 1

21 Aktenzeichen: 197 05 948.1
22 Anmeldetag: 17. 2. 97
43 Offenlegungstag: 20. 8. 98

51 Int. Cl. 6:
B 60 T 8/00
B 60 T 8/32
B 60 T 8/60
G 05 D 19/00
G 05 D 19/02
G 01 H 1/00

DE 197 05 948 A 1

71 Anmelder:
ITT Mfg. Enterprises, Inc., Wilmington, Del., US

74 Vertreter:
Blum, K., Dipl.-Ing., Pat.-Ass., 65779 Kelkheim

72 Erfinder:
Janssen, Gunnar, 61381 Friedrichsdorf, DE;
Burkhard, Dieter, 67714 Waldfishbach-Burgallben,
DE; Schmidt, Robert, 56477 Rennerod, DE; Bauer,
Thomas, 56859 Bullay, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

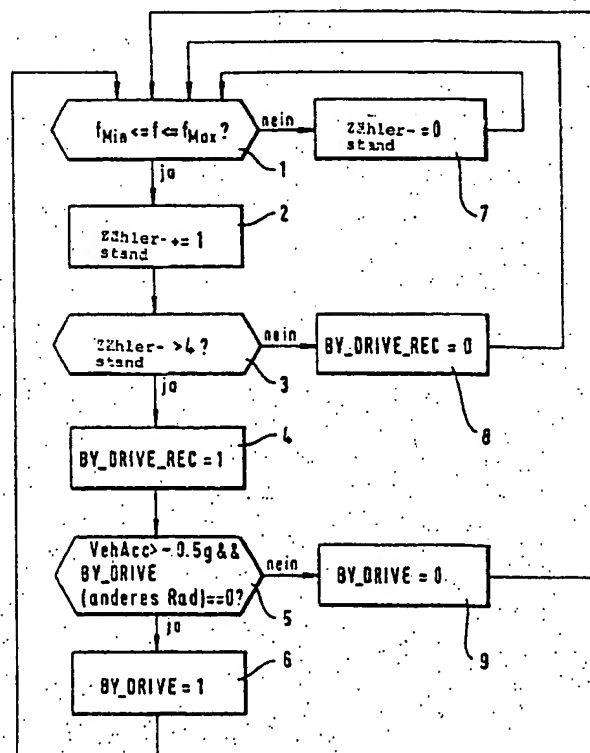
DE 40 17 256 C2
DE 195 12 623 A1
DE 43 33 384 A1
DE 43 33 157 A1
DE 43 33 145 A1
DE 37 22 049 A1
GB 22 62 818 A
EP 04 21 065 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren zum Dämpfen von Antriebsstrangschwingungen

57 Bei einem Verfahren zum Dämpfen von kritischen, Gegenmaßnahmen erfordernden Rad- bzw. Antriebsstrangschwingungen während eines ABS-geregelten Bremsmanövers wird der Geschwindigkeitsverlauf der angetriebenen Räder analysiert und beim Erkennen von kritischen Radschwingungen für eine bestimmte Zeitspanne auf eine Sonderregelung umgeschaltet. Durch das Einsetzen der Sonderregelung wird ein Bremsdruckabbau verhindert, der Druck konstantgehalten oder höchstens ein verzögerter Druckaufbau zugelassen.

Beim Auftreten von Schwingungen mit für Radschwingungen typischer Frequenzlage wird radindividuell die Anzahl der aufeinanderfolgenden Schwingungen oder Halbschwingungen gezählt. Beim Erreichen eines vorgegebenen Zählerstandes wird eine Schwingungserkennung (BY_DRIVE_REC=1) signalisiert, wenn zu diesem Zeitpunkt die Fahrzeugbeschleunigung über einem vorgegebenen Grenzwert liegt und wenn an dem anderen angetriebenen Rad noch keine Schwingungserkennung erfolgt ist.



DE 197 05 948 A 1

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Dämpfen von Radschwingungen oder Antriebsstrangschwingungen, die während eines geregelten Bremsmanövers, insbesondere während eines ABS-geregelten Bremsvorgangs, vorgerufen werden.

Aus der WO 90/06250 ist bereits ein Antiblockierregelsystem bekannt, das Schalmittel zur Erkennung von Rad- und Achsschwingungen und Beeinflussungsmittel zum Einleiten von Maßnahmen zur Dämpfung solcher Schwingungen enthält. Das Drehverhalten der Räder wird mit Radsensoren gemessen. Nach dieser Schrift wird als Kriterium zur Schwingungserkennung ausgewertet, daß bei Vorliegen einer Schwingung die Zykluszeiten etwa gleich groß sind.

Des weiteren ist in der GB 2 289 097 A ein Antiblockiersystem beschrieben, bei dem aus den Geschwindigkeiten der angetriebenen Räder die Drehgeschwindigkeit am Differential ermittelt und durch Filterung dieses Signals festgestellt wird, ob dieser Drehgeschwindigkeit eine Schwingungskomponente, die im Frequenzbereich der Antriebsstrangschwingungen liegt, überlagert ist. Wenn zwei Bedingungen erfüllt sind, nämlich wenn die Schwingungsfrequenz im Bereich zwischen 5 und 12 Hz liegt und wenn das gefilterte Signal einen Schwellwert überschreitet, liegen Antriebsstrangschwingungen vor. Es wird eine die Schwingungen dämpfende Korrektur der Bremsdruckmodulation vorgenommen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Radschwingungen oder Antriebsstrangschwingungen, die den Fahrkomfort und Regelungskomfort beeinträchtigen und auch, wenn sich die Schwingungen aufschaukeln, die Fahrsicherheit gefährden können, wirkungsvoll zu dämpfen.

Es hat sich gezeigt, daß diese Aufgabe durch das in Anspruch 1 beschriebene Verfahren gelöst wird, dessen Besonderheit darin besteht, daß beim Erkennen von kritischen Schwingungen an einem nach vorgegebenen Kriterien ausgewählten Antriebsrad die Bremsdruckregelung dieses Rades für eine bestimmte Zeitspanne auf eine Sonderregelung, die die Schwingungsdämpfung bewirkt, umgeschaltet wird.

Nach einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung ist vorgesehen, daß nach dem Einsetzen der Sonderregelung ein Bremsdruckabbau an diesem Rad verhindert wird und ein regelungsbedingter Bremsdruckaufbau höchstens verzögert und/oder nur mit flachem, abgeflachtem Gradienten zugelassen wird. Es kann auch zweckmäßig sein, während der Sonderregelung den Bremsdruck zumindest annähernd konstant zu halten.

Die Sonderregelung wird erst beendet, wenn der Bremschlupf des Rades einen vorgegebenen, hohen Grenzwert in der Größenordnung zwischen 40% und 60%, z. B. von 50%, überschreitet.

Ferner ist es erfindungsgemäß vorgesehen, Radschwingungen, die in einem vorgegebenen, für Antriebsstrangschwingungen typischen Frequenzbereich von z. B. 5 Hz und 23 Hz liegen, die bei einer über einem Grenzwert liegenden Fahrzeugbeschleunigung auftreten und die über eine vorgegebene Zeitspanne oder Schwingungszahl hinaus andauern, als kritisch zu bewerten. Die Schwingungsdämpfung ist vornehmlich im Niedrigreibwertbereich erforderlich, weshalb als Grenzwert für die Fahrzeugbeschleunigung, der überschritten werden muß, zweckmäßiger Weise ein Wert zwischen -0,6 g und -0,3 g, z. B. -0,5 g, vorgegeben wird.

Auf Radschwingungen bzw. Antriebsstrangschwingungen soll sehr schnell reagiert werden, doch ist ein nicht gerechtfertigter Eingriff zu vermeiden. Daher wird erfindungsgemäß nach einem Ausführungsbeispiel eine Mindestzahl

von 5 aufeinanderfolgenden Halbschwingungen als Kriterium für das Umschalten auf die Sonderregelung bzw. auf das Einleiten von Dämpfungsmaßnahmen bewertet.

Weitere Einzelheiten der Erfindung gehen aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der beigefügten Abbildungen hervor.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Flußdiagramm zur Veranschaulichung der Schwingungserkennung,

Fig. 2a im Diagramm einen typischen Radgeschwindigkeitsverlauf während eines ABS-geregelten Bremsmanövers,

Fig. 2b in gleicher Darstellungsweise wie Fig. 2a den Radgeschwindigkeitsverlauf beim Auftreten von Antriebsstrangschwingungen und

Fig. 3 Diagramme zur Veranschaulichung des Verlaufes der Radgeschwindigkeiten und der Bremsdrücke während eines ABS-geregelten Bremsvorgangs beim Auftreten von Antriebsstrangschwingungen und das Auslösen von Dämpfungsmaßnahmen.

Das Flußdiagramm nach Fig. 1, das die einzelnen Schritte und den prinzipiellen Entscheidungsablauf in vereinfachter Form wiedergibt, veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren. Zum Erkennen von Radschwingungen bzw. Antriebsstrangschwingungen wird zunächst in einem Programmschritt 1 oder Filter 1 festgestellt, ob die Schwingungsfrequenz f in einem für Antriebsstrangschwingungen typischen Frequenzbereich liegt. Als zweckmäßig hat sich ein Frequenzbereich von

$$f_{\text{Min}} = 5 \text{ Hz bis } f_{\text{Max}} = 23 \text{ Hz}$$

erwiesen. Liegen die Schwingungen in diesem Bereich ("ja") und wird eine bestimmte Mindestdauer des Schwingens bzw. eine bestimmte Mindestzahl von Schwingungen festgestellt, folgt der nächste Schritt im Flußdiagramm in Richtung auf eine Dämpfungsmaßnahme. Im dargestellten Beispiel ist ein Zähler 2 vorgesehen, der bei jeder Halbwelle der Schwingung, insbesondere bei jedem "peak" (siehe Fig. 3) der Antriebsstrangschwingung um den Wert "1" inkrementiert wird und der reagiert (Schritt 3), wenn der Zählerstand "4" überschritten wird. Beim Überschreiten des Zählerstandes "4" wird in dem Flußdiagramm nach Fig. 1 ein Erkennungssignal

$$\text{BY_DRIVE_REC} = 1$$

gesetzt, also gewissermaßen eine Vorstufe einer Schwingungserkennung. Dies geschieht in dem Programmschritt 4.

Als nächstes gilt es im Schritt 5 festzustellen, ob die Fahrzeugbeschleunigung über einem vorgegebenen Mindestwert von z. B. -0,5 g liegt, d. h.

$$\text{VehAcc} > -0,5 \text{ g}$$

und ob auch die zweite Bedingung

$$\text{BY_DRIVE}(\text{anderes Rad}) = 0 ?$$

erfüllt ist. Eine relativ hohe Fahrzeugbeschleunigung ($> -0,5 \text{ g}$) bzw., in anderen Worten, eine unter $-0,5 \text{ g}$ liegende Verzögerung beinhaltet eine Aussage über den momentanen Straßenzustand bzw. Reibbeiwert; bei hoher Fahrzeugverzögerung, die aus physikalischen Gründen nur bei günstigen Straßenbedingungen möglich ist, soll die erfindungsgemäße Dämpfungsmaßnahme nicht durchgeführt werden.

Die zweite Bedingung

BY_DRIVE(anderes Rad) = 0.

bzw. die von dieser Bedingung abhängige Entscheidung hat zur Folge, daß die Dämpfungsmaßnahme stets nur auf eines der beiden angetriebenen Räder – es werden hier nur Fahrzeuge mit einer angetriebenen Achse betrachtet – angewendet wird. Dadurch wird es möglich, relativ "drastische" Dämpfungsmaßnahmen zu verwirklichen, bei denen z. B. kurzzeitig ein sehr hoher Bremschlupf in Kauf genommen wird. In einem Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens Dämpfungsmaßnahme setzt nach Umschaltung auf die Sonderregelung der Druckabbau an dem geregelten Rad erst ein, wenn ein relativer Schlupf von 50% überschritten wird.

Sind die im Entscheidungsschritt 5 überprüften Bedingungen erfüllt ("ja"), wird, wie Programmschritt 6 symbolisiert, Schwingungserkennung, d. h. das Erkennen Antriebsstrangschwingungen signalisiert. Für das betreffende Antriebsrad gilt

BY_DRIVE = 1.

Für dieses Rad wird für eine vorgegebene Zeitspanne die Sonderregelung ausgelöst, die die Antriebsstrangschwingungen wirkungsvoll dämpft. Die Standard-Bremsdruckregelung des Rades wird für eine bestimmte Zeitspanne modifiziert; dies wird nachfolgend anhand der Fig. 3 näher erläutert.

In dem Flußdiagramm nach Fig. 1 ist somit

BY_DRIVE_REC

das eigentliche Schwingungs-Erkennungssignal oder Erkennungs-Bit; "BY_DRIVE" läßt sich dagegen als Steuersignal oder Steuer-Bit interpretieren. BY_DRIVE wird nur dann gesetzt (d. h. BY_DRIVE = 1), wenn, wie bereits zuvor beschrieben, die berechnete Fahrzeugverzögerung kleiner ist als -0.5 g ist und wenn das Steuer-Bit (BY_DRIVE) für das andere Antriebsrad nicht oder noch nicht gesetzt ist, d. h.

BY_DRIVE anderes Rad = 0.

Das Steuersignal BY_DRIVE wird folglich nur bei Bremsvorgängen auf Fahrbahnen mit niedrigem bis mittlerem Reibbeiwert und immer nur für eines der beiden Antriebsräder gesetzt. Sobald die Fahrzeugverzögerung größer wird als der vorgegebene Grenzwert, im vorliegenden Beispiel größer als -0.5 g , wenn die Schwingungen abgeklungen sind oder den Frequenzbereich $> f_{\text{Min}}; < f_{\text{Max}}$ verlassen haben, so daß "BY_DRIVE_REC" von 1 auf 0 wechselt, endet die Schwingungserkennung und damit die durch die Schwingungserkennung an dem betreffenden Rad ausgelöste Dämpfungsmaßnahme.

"BY_DRIVE" dient beispielsweise als Steuer-Bit für die Umschaltung oder Modifizierung der Druckmodulation an den Antriebsrädern.

Das Zurücksetzen des Zählers, wenn die Frequenz außerhalb des vorgegebenen, kritischen Bereichs liegt, der Status des Erkennungssignals (BY_DRIVE_REC = 0) bei zu niedrigem Zählerstand und die Nicht-Erfüllung der UND-Bedingung 5 werden in Fig. 1 durch die Programmschritte 7, 8 und 9 symbolisiert.

Fahrversuche haben gezeigt, daß durch die beschriebene Schwingungserkennung und durch die Dämpfungsmaßnahmen nach der Erfindung die störenden Antriebsstrangschwingungen wirksam und schnell unterdrückt werden können. Bei einer Erkennungsbandbreite von 5 Hz bis 23 Hz und bei einer Reaktion nach fünf Halbschwingungen

(Zählerstand > 4 g) Programmschritt 3 in Fig. 1) werden in der Praxis Antriebsstrangschwingungen nach etwa 250 ms erkannt. Durch die vorgenannten drastischen Dämpfungsmaßnahmen vergehen in der Praxis vom Zeitpunkt des Schwingungsbeginns bis zum Ausklingen der Schwingungen ca. 700 bis 800 ms.

Fig. 2a veranschaulicht den Geschwindigkeitsverlauf eines Rades während eines normalen geregelten Bremsvorgangs. Wenn man den Regelungsvorgang und die Regulationsreaktion, wie in Fig. 2a angedeutet, in aufeinanderfolgende Phasen Ph2, Ph4, Ph3 unterscheidet, findet in der Phase Ph2 der Druckabbau, in der Phase Ph3 der Druckaufbau und in der Phase Ph4 im wesentlichen ein Druckhalten, ggf. ein vorzeitiger Druckaufbau, statt.

Treten bei dem ABS-geregelten Bremsmanöver Antriebsstrangschwingungen auf, führt dies zu dem in Fig. 2b dargestellten Verlauf der Radgeschwindigkeit. Ohne Dämpfungsmaßnahmen stellt sich ein schneller Wechsel zwischen Druckabbau- und Druckaufbauphasen ein, die Regelfrequenz wird hoch. Dies hat die zuvor genannten Komforteinbußen und störenden Geräusche, erhöhten Verschleiß und auch sicherheitskritische Regelvorgänge zur Folge.

In dem Meßschrieb nach Fig. 3 ist als Ausschnitt aus einem ABS-geregelten Bremsmanöver der Geschwindigkeitsverlauf

v_1, v_2

der beiden Antriebsräder eines Fahrzeugs in einer durch Antriebsstrangschwingungen belasteten Bremsphase wiedergegeben. Außerdem sind die Erkennungs- und Steuerungssignale

BY_DRIVE_REC 1, 2

(d. h. am Rad "1", Rad "2") und

BY_DRIVE 1, 2

dargestellt. Die durchgehenden Kennlinien gelten für das Antriebsrad 1, die gestrichelten Linien für das Antriebsrad 2.

Es sind der Geschwindigkeitsverlauf der beiden Räder und der Bremsdruck

p_1, p_2

in den zugehörigen Radbremsen dargestellt.

Die Antriebsräder mit den Radgeschwindigkeiten v_1, v_2 geraten nach dem Einsetzen der Blockierschutzregelung zum Zeitpunkt t_0 in Schwingungen. Die Schwingungsfrequenz f (vgl. Fig. 1) liegt in dem für Antriebsstrangschwingungen typischen Bereich und in dem durch das Filter 1 vorgegebenen Frequenzbereichs. Die Schwingungshalbwellen werden durch den Zähler 2 gezählt. Der Zählerstand erreicht zum Zeitpunkt t_1 den Wert "5", überschreitet also zu diesem Zeitpunkt t_1 den Grenzwert "4" und löst dadurch ein Erkennungssignal BY_DRIVE_REC 1 aus (siehe oberste Kennlinie in Fig. 3). Zu diesem Zeitpunkt t_1 liegt die Fahrzeugbeschleunigung über -0.5 g (dies ist in Fig. 3 nicht dargestellt); außerdem ist zum Zeitpunkt t_1 das Signal BY_DRIVE 2, also der Steuer-Bit des "anderen" Rades, noch nicht gesetzt, so daß nunmehr für dieses Antriebsrad 1 ein Erkennungs- oder Steuersignal

BY_DRIVE 1 = 1

abgegeben und dadurch an diesem Rad eine Dämpfungs-

maßnahme ausgelöst wird. Dem Verlauf des Bremsdruckes p_1 am Antriebsrad 1 zu entnehmen ist, wird der Bremsdruck im Anschluß an t_1 konstantgehalten, obwohl bei "normaler" Bremsdruckregelung die starke Verzögerung oder der ansteigende Schlupf am Rad 1 einen Druckabbau zur Folge haben müßte.

Der Schlupf am Antriebsrad 1 erreicht schließlich zum Zeitpunkt t_3 einen bestimmten Grenzwert, z. B. einen relativen Schlupfwert von 50%, so daß nun unabhängig von den Schwingungs-Erkennungssignalen ein regelungsbedingter Abbau des Bremsdruckes p_1 erfolgt. Dieser Druckabbau hat dann, wie die Geschwindigkeitskurve v_1 erkennen läßt, sehr bald eine Erholung des Rades 1 und Annäherung der Radgeschwindigkeit v_1 an die (nicht dargestellte) Fahrzeuggeschwindigkeit zur Folge.

Das zweite Antriebsrad mit der Geschwindigkeit v_2 gerät ebenfalls etwa ab dem Zeitpunkt t_0 ins Schwingen. Dies wird jedoch im dargestellten Beispiel nicht "erkannt" bzw. führt nicht zu Dämpfungsmaßnahmen am Rad 2, weil als erstes, nämlich zum Zeitpunkt t_1 , eine Schwingungserkennung am Rad 1 stattfindet. Die geringe zeitliche Differenz zwischen t_1 und t_2 , die sich auf eine entsprechende Verzögerung des Signales BY_DRIVE_REC 2 gegenüber dem Signal BY_DRIVE_REC 1 auswirkt, veranschaulicht dies. Durch die Beschränkung der Dämpfungsmaßnahmen auf ein bestimmtes Antriebsrad wird es möglich, eine radikale, "drastische" Dämpfungsmaßnahme vorzusehen, die in sehr kurzer Zeit zum Abklingen der Antriebsstrangschwingungen führt. Ein Vergleich des Bremsdruckverlaufs p_1 am Rad 1, das der Sonderregelung unterliegt, mit dem Druck p_2 am Antriebsrad 2, das normal geregelt wird, veranschaulicht die Unterschiede. Durch die beschriebene Konstanthaltung des Bremsdruckes in der Zeitspanne von t_1 bis t_3 und die Inkaufnahme eines sehr hohen Bremsschlupfes wird die wirkungsvolle Dämpfung erreicht. Der Abbau des Bremsdruckes p_2 am Rad 2 setzt dagegen als Folge des Radverlaufs v_2 bereits vor dem Zeitpunkt t_2 ein.

Die Erkennungssignale im Anschluß an t_4 führen in dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel eines Bremsvorgangs zu keinen weiteren Dämpfungsmaßnahmen, weil offensichtlich der Bremsdruck bereits weitgehend abgebaut ist oder der geregelte Bremsvorgang weitgehend beendet ist. Die Amplituden der überlagerten Schwingungen nach t_4 sind relativ gering.

Fig. 3 zeigt also ein Beispiel einer wirkungsvollen Maßnahme zur Schwingungsdämpfung als Folge der Antriebsstrangschwingungserkennung, die auch die Auswahl oder Erkennung eines der beiden Räder nach vorgegebenen Kriterien und damit die Vorbereitung für die erfindungsgemäßen Dämpfungsmaßnahmen umfaßt; da die Radschwingungen durch Antriebsstrangschwingungen hervorgerufen werden, treten solche Schwingungen natürlich an beiden Antriebsrädern auf, wenn auch ggf. mit unterschiedlicher Intensität und Phasenlage.

Die Wahl der Erkennungsbandbreite von 5 Hz bis 23 Hz, realisiert durch das Filter 1 gemäß Fig. 1, und das Zählen von mindestens fünf aufeinanderfolgenden Halbschwingungen als eine Voraussetzung für die Schwingungserkennung, haben einerseits eine sichere Reaktion auf Schwingungen und andererseits eine schnelle Erkennung und damit Auslösung von Gegenmaßnahmen bzw. Dämpfungsmaßnahmen zur Folge. In der Praxis werden auf diese Weise Antriebsstrangschwingungen nach spätestens 250 ms erkannt und können in einem daran anschließenden Zeitraum von 400 ms-600 ms wirksam gedämpft werden.

Antriebsstrangschwingungen treten vor allem bei geregelten Bremsvorgängen im eingekuppelten Zustand auf bestimmten Niedrigreibwertfahrbahnen auf. Besonders stark

sind sie auf sogenannten "Peak-Eis", nämlich bei Straßenbedingungen, bei denen der Reibwert nur innerhalb eines relativ schmalen Schlupfbereichs maximal ist und außerhalb dieses Bereichs schnell abnimmt.

Eine Analyse ergab, daß die Druckmodulation, die ein geregelter Bremsvorgang zur Folge hat, im ungünstigsten Fall die Schwingungsneigung der Antriebsräder verstärkt, indem genau dann Druckabbau erfolgt, wenn das Rad in der Wiederbeschleunigungsphase ist und, umgekehrt, genau dann Druck aufgebaut wird, wenn das Rad in den Schlupf läuft. Um diesem Verhalten entgegenzuwirken, wurde das beschriebene Verfahren entwickelt, das das frühzeitige Erkennen von Antriebsstrangsschwingungen, die Bestimmung eines Antriebsrades, an dem die Dämpfungsmaßnahme ansetzt, und das Umschalten auf die Sonderregelung, die die Schwingungsdämpfung bewirkt, zum Gegenstand hat.

Durch die Gegenmaßnahmen soll generell eine Schwingungsanregung verhindert werden und bei erkannter Schwingung Druckabbau, Druckaufbau und Druckkonstanthalten derart gesteuert werden, daß ein schwingendes Rad aktiv gedämpft wird.

Zur Vermeidung der Schwingungsanregung wird ein frühzeitiger Druckaufbau, der bei bestimmten Bedingungen schon in der eigentlichen Druck-Konstanthaltphase sinnvoll ist, ausgeschlossen, wenn Druck-Abbauvorgänge und -aufbauvorgänge direkt hintereinander erfolgen.

Gerät der Antriebsstrang trotzdem ins Schwingen oder setzen sich die Schwingungen fort, werden weitere Maßnahmen wirksam.

Als wirkungsvollste Maßnahme hat sich ein Druckabbau-stop erwiesen, bei dem das Druckniveau im Radbremszylinder eines der beiden schwingenden Räder bis zum Erreichen von maximal 50% relativem Radschlupf aufrechterhalten wird. Dies führt zu einem tiefen Schlupfeinlauf des Rades, wobei die Schwingung stark abklingt. Die Schwingungsdämpfung wird über das Differential auch auf das zweite Antriebsrad der Achse übertragen, für das kein Druckstop gilt.

Ist ein relativer Radschlupf von mehr als 50% erreicht, wird dem Rad durch gepulsten Druckabbau die Möglichkeit der Wiederbeschleunigung gegeben. Hierdurch und durch die Tatsache, daß diese Maßnahme nur für ein Rad angewendet wird, wird erreicht, daß der Motor nicht ausgeht.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Dämpfen von Radschwingungen oder Antriebsstrangschwingungen während eines geregelten Bremsmanövers, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erkennen von kritischen Schwingungen an einem nach vorgegebenen Kriterien ausgewählten Antriebsrad die Bremsdruckregelung dieses Rades für eine bestimmte Zeitspanne auf eine Sonderregelung umgeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einsetzen der Sonderregelung ein Bremsdruckabbau verhindert und ein regelungsbedingter Bremsdruckaufbau verzögert und/oder nur mit flachem Gradienten zugelassen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während der Sonderregelung der Bremsdruck zumindest annähernd konstantgehalten wird.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sonderregelung beendet wird, sobald der Bremsschlupf des Rades einen vorgegebenen Grenzwert, insbesondere einen relativen Schlupfwert in der Größenordnung zwischen 40 und 60%, z. B. 50%, überschreitet.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Radschwingungen, die in einem vorgegebenen, für Antriebsstrangschwingungen typischen Frequenzbereich liegen, die bei einer über einem Grenzwert liegenden Fahrzeugbeschleunigung auftreten und die über eine vorgegebene Zeitspanne oder Schwingungszahl hinaus andauern, als kritisch bewertet werden. 5

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als typischer Frequenzbereich ein Schwingungsbereich zwischen 5 Hz und 23 Hz vorgegeben wird. 10

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Grenzwert eine Fahrzeugbeschleunigung, die größer ist als $-0,6\text{ g}$ bis $-0,3\text{ g}$, insbesondere größer als $-0,5\text{ g}$, vorgegeben wird. 15

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß nur Radschwingungen, die über eine vorgegebene Mindestzahl von aufeinanderfolgenden Schwingungen oder Halbschwingungen hinaus andauern, als kritisch bewertet werden. 20

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß als Mindestzahl 4 bis 8, z. B. 5, aufeinanderfolgende Halbschwingungen vorgegeben werden. 25

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

30
Druckkosten

35

40

45

50

55

60

65

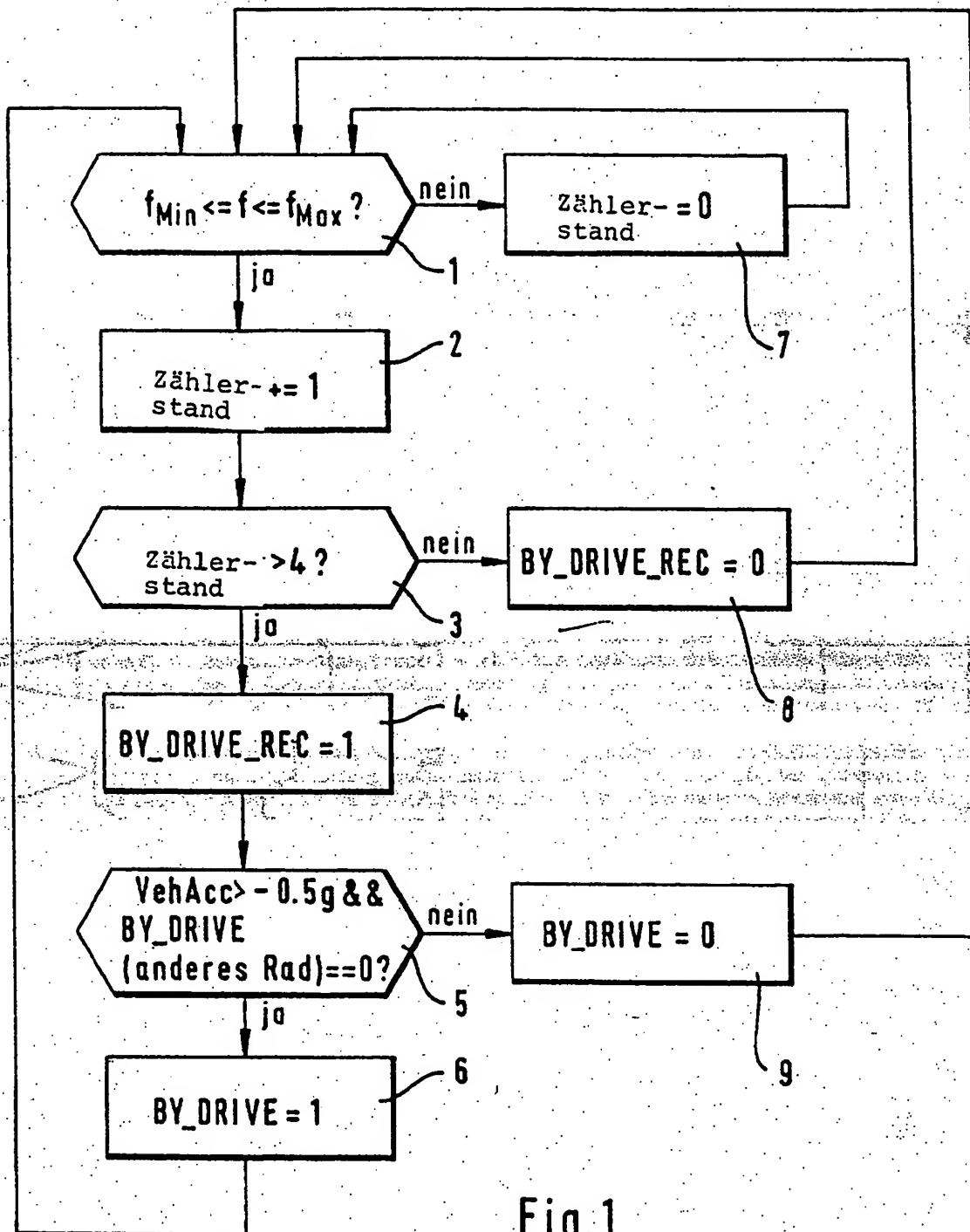


Fig.1

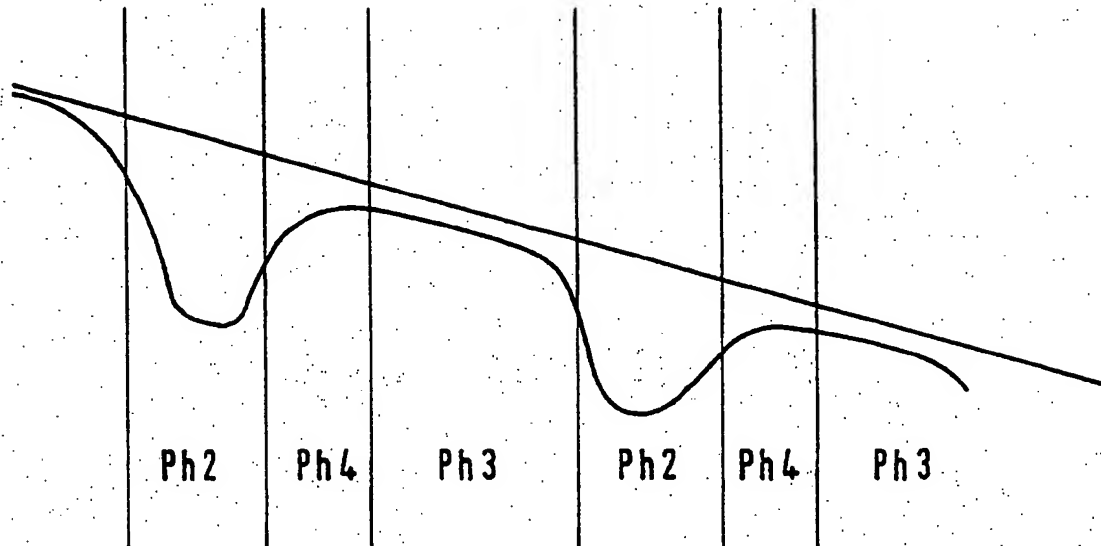


Fig. 2a

Ph2: Druckabbau

Ph3: Druckaufbau

Ph4: Druckhalten

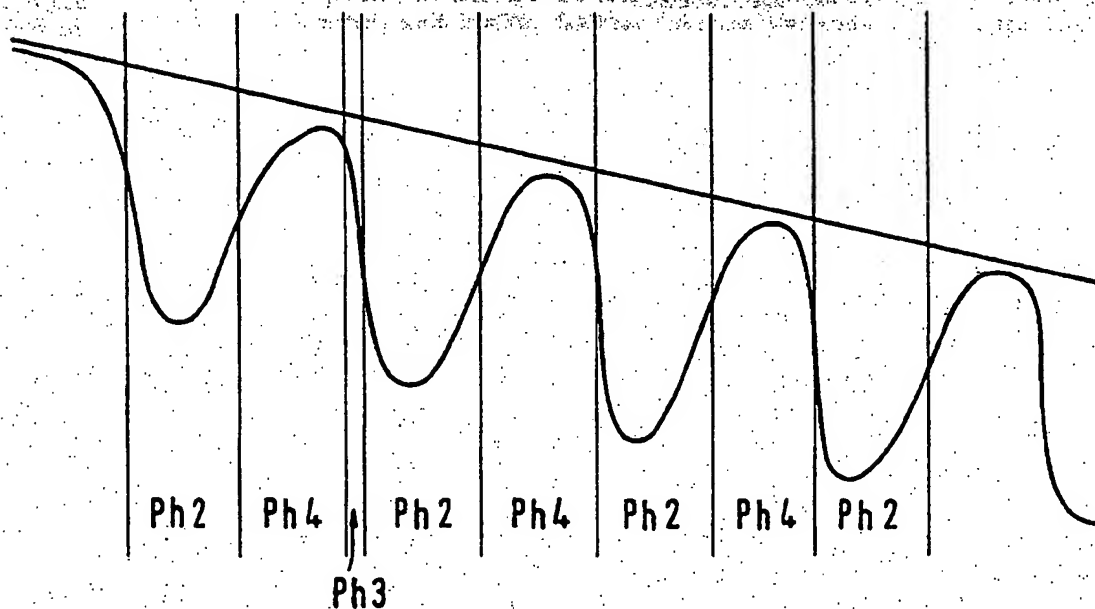


Fig. 2b

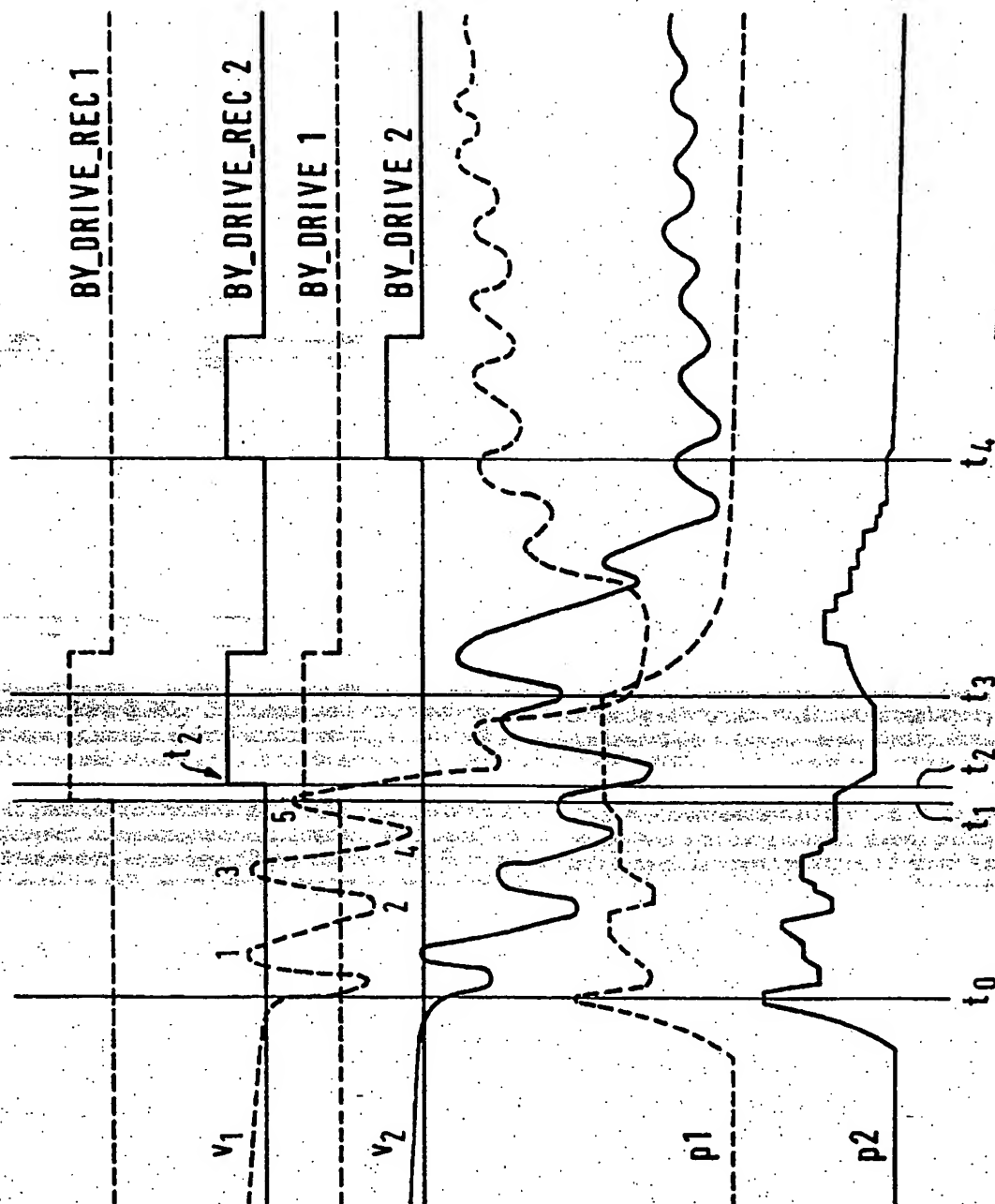


Fig. 3